

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI SERBUK KAYU
DENGAN PENGIKAT SEMEN PADA PASIR CETAK
TERHADAP CACAT POROSITAS DAN KEKASARAN
PERMUKAAN HASIL PENGECORAN ALUMINIUM
ALLOY 6061**

Nama Mahasiswa : M. Fatkhur Rohman
NRP : 2111 106 010
Jurusan : Teknik Mesin FTI – ITS
Dosen Pembimbing : Indra Sidharta, ST, M.Sc

Abstrak

Proses pengecoran dilakukan dengan cara mencairkan logam dalam dapur pelebur, kemudian dituangkan ke dalam cetakan dan dibiarkan membeku hingga dapat dikeluarkan dari dalam cetakan. Metode pengecoran yang paling sering digunakan adalah pengecoran cetakan pasir (sand casting). Faktor yang berpengaruh terhadap kualitas hasil pengecoran cetakan pasir, diantaranya adalah komposisi cetakan pasir dan perancangan sistem saluran (gating system). Penentuan komposisi cetakan pasir dan perancangan sistem saluran harus tepat untuk mencegah cacat yang sering terjadi dan untuk mendapatkan hasil coran yang optimal. Salah satu komposisi utama cetakan pasir adalah pasir cetak, pasir silika, semen, dan air, dengan bahan penambah berupa serbuk kayu yang berfungsi untuk meningkatkan sifat colapsability dari sebuah cetakan. Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh variasi komposisi serbuk kayu dengan pengikat semen pada pasir cetak terhadap cacat porositas dan kekasaran permukaan hasil pengecoran aluminium alloy 6061.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium Alloy 6061 dengan metode sand casting, dimana sistem saluran menggunakan parting line-horizontal gating system dengan tujuan mempermudah pembuatan serta

pengambilan pola dari cetakan pasir. Kemudian membandingkan permeabilitas dan kompresi terhadap variasi komposisi pasir cetak, dimana komposisi semen dan air sebesar 6%, komposisi serbuk kayu sebesar 1%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 6% komposisi pasir silika sebesar 87%, 86%, 85%, 84%, 83% dan 82%. Kemudian hasil coran diukur dan dianalisa terhadap cacat porositas dan kekasaran permukaan.

Dari hasil penelitian ini didapatkan nilai uji permeabilitas pasir cetak terkecil terletak pada komposisi serbuk kayu sebesar 1% dan nilainya sebesar 184,7 cm/mnt, sedangkan nilai uji permeabilitas pasir cetak terbesar terletak pada komposisi serbuk kayu sebesar 6% dan nilainya sebesar 267,3 cm/mnt. Nilai uji kompresi pasir cetak didapatkan nilai terkecil terletak pada komposisi serbuk kayu sebesar 6% dan nilainya sebesar 176,7 kN/m², sedangkan nilai uji kompresi pasir cetak terbesar terletak pada komposisi serbuk kayu sebesar 1% dengan nilainya sebesar 288,3 kN/m². Nilai pengujian porositas benda hasil coran didapatkan nilai terkecil terletak pada komposisi serbuk kayu 6% dan nilainya sebesar 0,25%, sedangkan nilai pengujian porositas benda hasil coran terbesar terletak pada komposisi serbuk kayu 1% dengan nilai sebesar 4,96%. Nilai pengujian kekasaran permukaan benda hasil coran didapatkan nilai terkecil terletak pada komposisi serbuk kayu 6% dan nilainya sebesar 0,06μm, sedangkan nilai pengujian kekasaran permukaan benda hasil coran terbesar terletak pada komposisi serbuk kayu 1% dengan nilai sebesar 2,00μm.

Kata Kunci : Sand Casting, Aluminium Alloy 6061, Porositas, Kekasaran Permukaan

THE EFFECT OF WOOD POWDER COMPOSITION IN CEMENT BINDERED SAND MOLD TO THE POROSITY AND SURFACE ROUGHNESS OF CAST ALUMINIUM ALLOY 6061

Name : M. Fatkhur Rohman
NRP : 2111 106 010
Department : Mechanical Engineering FTI – ITS
Supervisor : Indra Sidharta, ST, M.Sc

Abstract

Casting process is done by means of a metal melt in the fuser kitchen, then poured into molds and allowed to set up to be taken out of the mold. Casting method most commonly used is sand casting. Factors that affect the quality of sand casting, including the composition of the sand molds and designing gassing systems. Determination of the composition of the sand molds and designing the duct system must be appropriate to prevent defects that often occur and to obtain optimal results castings. One of the main composition is a sand mold molding sand, silica sand, cement, and water, with an addition of materials such as wood dust which serves to improve the properties of a mold collapsibility. In this study aims to analyze the effect of variations in the composition of wood dust with cement binder in molding sand against defects porosity and surface roughness of an aluminum casting alloy 6061.

Materials used in this study is 6061 aluminum alloy sand casting method, in which the channel system using line-horizontal partings Gassing system in order to facilitate decision-making as well as the pattern of the sand mold. Then compare the permeability and compression molding sand to variations in composition, wherein the composition of cement and water by 6%, wood powder composition of 1%, 2%, 3%, 4%, 5% and 6% silica composition of 87% sand, 86%, 85%, 84%, 83% and 82%.

Then the castings were measured and the results analyzed for porosity defects and surface roughness.

From the results of this study, the value of the smallest print sand permeability test lies in the composition of wood dust at 1% and the value of 184.7 cm/min, while the value of the permeability of molding sand biggest test lies in the composition of wood dust by 6% and the value of 267.3 cm/min. Value of test compression molding sand obtained the smallest value lies in the composition of wood dust by 6% and the value of 176.7 kN/m², while the value of the compression molding sand biggest test lies in the composition of wood dust at 1% with the value of 288.3 kN/m². Value objects porosity testing results obtained castings smallest value lies in the composition of sawdust 6% and the value of 0.25%, while the value of the porosity test results castings largest object lies in the composition of sawdust 1% with a value of 4.96%. The value of the object's surface roughness testing results obtained castings smallest value lies in the composition of sawdust 6% and value by 0,06μm, while the value of the object's surface roughness testing results of the largest castings lies in the composition of sawdust 1% with a value of 2,00μm.

Key Word : Sand Casting, Aluminium Alloy 6061, Porosity, Surface Roughness

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Kualitas suatu produk cor sangat dipengaruhi oleh metode pengecoran yang dipilih. Satu dari sekian banyak metode pengecoran yang paling sering digunakan adalah pengecoran cetakan pasir (sand casting). Banyak faktor yang mempengaruhi kualitas hasil pengecoran cetakan pasir, diantaranya adalah komposisi cetakan pasir dan pemilihan sistem saluran.

Cacat yang seringkali ditemui antara lain adalah *porosity*, *shrinkage* dan *inklusi pasir*. Cacat tersebut tidak jarang mengakibatkan benda coran harus dicor kembali yang tentunya dapat mengakibatkan biaya produksi bertambah. Untuk menghindari cacat tersebut, komposisi cetakan pasir dan pemilihan sistem saluran harus ditentukan dengan benar.

Berdasarkan penelitian sebelumnya [7] mengenai jenis saluran, variasi jenis saluran yang digunakan adalah *top gating system*, *bottom gating system* dan *parting line gating system*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis saluran *parting line* menghasilkan cacat *porosity* yang paling kecil dengan prosentase sebesar 1,81%.

Berdasarkan penelitian sebelumnya [8] mengenai cetakan pasir dengan pengikat semen, variasi pengikat pada cetakan pasir sebesar 4%, 6%, 8%, 10% dan 12%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi cetakan pasir dengan kadar semen 6% dapat mengurangi cacat porositas yang terjadi pada hasil coran. Prosentase luas cacat porositas yang terjadi pada hasil coran cetakan pasir dengan kadar semen 6% antara 0,087566183% sampai dengan 0,253553017%.

Dalam penelitian ini, peneliti ingin melihat cacat *porosity* dan kekasaran permukaan dari hasil coran *aluminium alloy 6061* dengan menggunakan *parting line gating system* dan cetakan pasir dengan variasi bahan pengikat semen dan serbuk kayu. Komposisi semen dan air sebesar 6%. Komposisi serbuk kayu

sebesar 1%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 6%. Sedangkan komposisi pasir silika sebesar 87%, 86%, 85%, 84%, 83% dan 82%.

2.2. Aluminium

Aluminium memiliki massa jenis yang ringan, tahan korosi, penghantar listrik yang baik, namun kekuatan dan kekerasan aluminium tidak terlalu tinggi. Untuk meningkatkan sifat mekaniknya maka ditambahkan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb yang bersamaan juga memberikan efek yang baik pada ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien muai rendah, dsb. Bahan ini penggunaannya sangat luas, selain untuk peralatan rumah tangga, juga dipakai sebagai material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dan berbagai aplikasi yang lainnya.



Gambar 2.1. Aluminium

2.2.1. Klasifikasi paduan aluminium

Kekuatan mekanik dan kekakuan aluminium murni akan meningkat dengan penambahan unsur seperti tembaga (Cu), magnesium (Mg), Silika (Si), Zink (Zn). Secara umum penambahan unsur logam paduan hingga konsentrasi tertentu akan meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan serta menurunkan titik lebur. Jika melebihi konsentrasi tersebut, umumnya titik lebur akan naik disertai meningkatnya kerapuhan akibat terbentuknya senyawa, kristal atau granular dalam logam. Paduan aluminium yang mampu ditingkatkan kekuatannya

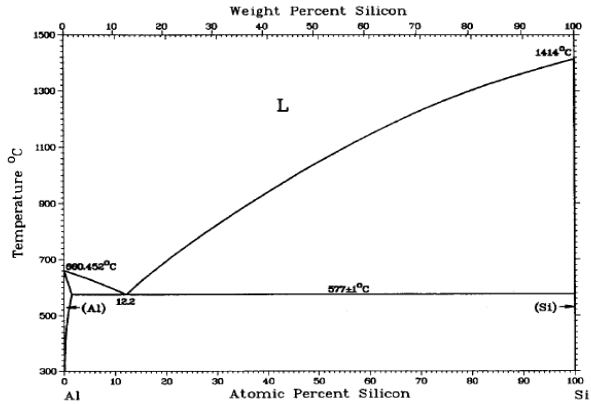
melalui proses cold work dan proses perlakuan panas biasanya disebut paduan “*heat-treatable*”, sedangkan paduan yang hanya mampu ditingkatkan kekuatannya melalui proses cold work disebut paduan “*non-heat treatable*”. Paduan Al yang termasuk dalam paduan “*heat-treatable*” adalah Al 2xxx, Al 6xxx, dan Al 7xxx. Paduan Al yang termasuk paduan “*non-heat-treatable*” adalah Al 1xxx, Al 3xxx, Al 4xxx. Pengelompokan paduan aluminium berdasarkan unsur paduannya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1. Klasifikasi dan simbol Aluminium [5]

No	Jenis Aluminium	Unsur Padu	Simbol
1	Aluminium murni	-	1xxx
2	Aluminium tembaga	Al-Cu	2xxx
3	Aluminium mangan	Al-Mn	3xxx
4	Aluminiumsilikon	Al-Si	4xxx
5	Aluminium magnesium	Al-Mg	5xxx
6	Aluminium magnesium silikon	Al-Mg-Si	6xxx
7	Aluminium seng	Al-Zn	7xxx

2.2.2. Paduan Al-Si-Mg

Paduan aluminium yang digunakan dalam penelitian ini adalah paduan Al-Si-Mg. Pada paduan Al-Si-Mg, diagram fasenya didekati dengan diagram fase Al-Si untuk mempermudah mempelajari perubahan fasa yang terjadi.



Gambar 2.2. Diagram fase binary Al-Si [2]

Paduan Al-Si-Mg banyak digunakan untuk komponen otomotif dan *aerospace* karena memiliki *castability* dan ketahanan korosi yang sangat baik, serta sifat mekanik yang baik pada kondisi setelah perlakuan panas. Salah satu komponen otomotif yang sering menggunakan paduan Al-Si-Mg adalah *casting wheel*.



Gambar 2.3. *Casting wheel*

Paduan Al-Si-Mg merupakan pengembangan dari paduan Al-Si. Silikon memiliki karakteristik meningkatkan kekuatan dan kekerasan dari aluminium. Magnesium (Mg) ditambahkan kedalam paduan Al-Si untuk lebih meningkatkan sifat mekanik kekuatan dan kekerasan melalui pembentukan Mg_2Si dari proses perlakuan panas. Mg dan Si memiliki peranan yang penting dalam penentuan sifat mekanik paduan Al-Si-Mg. Kenaikan kadar Mg dalam paduan akan menaikkan kekuatan dan menurunkan keuletan, sedangkan kenaikan Si cenderung menurunkan keuletan. Selain jumlah, distribusi Mg dan Si didalam matrix juga mempengaruhi sifat mekanik dari paduan Al- Si-Mg.

2.3. Pengecoran Logam

Pengecoran logam adalah proses manufaktur logam dengan cara mencairkan logam sampai temperatur lelehnya, kemudian logam cair dituangkan ke dalam rongga cetakan, sehingga dihasilkan suatu bentuk coran yang diinginkan sesuai dengan bentuk rongga cetakan. Proses – proses yang dilakukan dalam pengecoran logam adalah pembuatan cetakan, pencairan logam, penuangan logam cair ke dalam cetakan, pembongkaran cetakan dan pembersihan hasil coran.



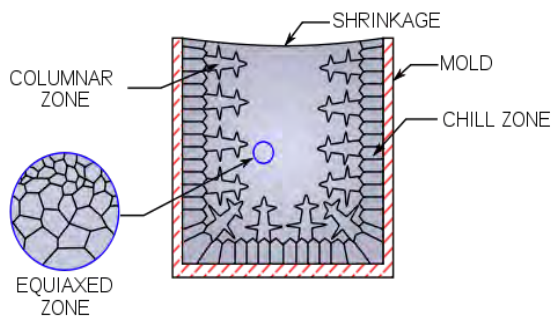
Gambar 2.4. Pengecoran logam

2.4. Benda Coran

Benda coran memiliki pengertian sederhana sebagai suatu produk yang dihasilkan melalui proses pencairan logam yang dicor atau diisikan ke dalam suatu cetakan dan dibiarkan membeku. Dalam hal ini cetakan memiliki suatu rongga cetak (cavity) yang bentuknya menyerupai bentuk benda kerja yang diinginkan. Dalam rongga inilah, logam cair yang dimasukkan ke dalam cetakan akan mengalami proses pembekuan (solidification) hingga menghasilkan benda padat dengan bentuk profil sesuai dengan yang diinginkan.

2.5. Proses Solidifikasi

Proses solidifikasi adalah proses pembekuan logam cair ketika mengenai dinding cetakan, disaat itu pula tumbuh inti *nuclei*. Inti tersebut tumbuh biasanya dibawah temperatur meltingnya, setelah terbentuknya *nuclei* maka terjadi pertumbuhan solidifikasi, atom-atom yang menempel pada *nuclei* akan tersolidifikasi dan seterusnya. Solidifikasi dari atom-atom logam ini akan membentuk suatu struktur yang biasa disebut dengan dendrit. Dendrit akan tumbuh ke segala arah sehingga cabang-cabang akan saling bertemu dan bersentuhan. Pertemuan antar dendrit disebut batas butir. Setelah itu, batas butir antar tiap dendrit membeku seiring dengan penurunan suhu. Sehingga proses solidifikasi pada pengecoran berakhir.



Gambar 2.5. Pembekuan logam [6]

- **Daerah pembekuan cepat (Chill zone)**

Struktur ini terbentuk pada kontak pertama antara dinding cetakan dengan logam cair pada saat dituang ke dalam cetakan. Dibawah suhu lebur beberapa inti terbentuk dan tumbuh ke dalam cairan. Suhu cetakan yang mulai naik memungkinkan kristal yang membeku menyebar meninggalkan dinding karena pengaruh aliran cairan. Dan apabila suhu penuangan yang cukup tinggi dimana cairan yang berada tengah-tengah coran tetap diatas temperatur leburnya sehingga dapat menyebabkan Kristal yang dekat dengan daerah tersebut mencair lagi meninggalkan dinding cetakan. Hanya kristal yang berada pada dinding cetakan yang tumbuh menjadi *chill zone*.

- ***Columnar zone***

merupakan struktur yang tumbuh setelah gradien suhu pada dinding cetakan turun dan kristal pada *chill zone* tumbuh secara dendritik dengan arah yang tegak lurus dengan dinding cetakan. Batas permukaan antara struktur kolumnar dengan cairan dapat berbentuk selular maupun selular dendritik.

- ***Equiaxed zone***

Struktur ini terdiri dari butiran yang bersumbu sama yang arah acak. Asal dari butiran ini adalah mencairnya kembali lengan dendrit. Bila suhu di sekitar masih tinggi, setelah cabang dendrit tersebut terlepas dari induknya dan tumbuh menjadi dendrit yang baru.

2.6. Pola Cetakan

Cetakan adalah rongga atau ruangan yang akan dituangi logam cair untuk membuat coran. Cetakan dibuat menggunakan pola. Pola dapat dibuat dari kayu, plastik, ataupun logam. Pola logam digunakan agar dapat menjaga ketelitian ukuran benda coran, terutama dalam produksi massal sehingga pola lebih awet dan produktivitas meningkat. Pola kayu dan plastik lebih murah, cepat dibuatnya dan lebih mudah diolahnya. Oleh sebab itu pola

kayu umumnya digunakan untuk cetakan pasir. Saat ini sering pola kayu diperkuat permukaannya dengan lapisan plastik agar lebih tahan aus dan lebih mudah dalam pembuatan cetakan. Perancangan pola dilakukan untuk mempermudah proses selanjutnya. Dalam merancang pola perlu memperhatikan aspek-aspek yang dapat mempengaruhi proses pengecoran dan kualitas hasil pengecoran. Aspek-aspek tersebut antara lain:

1. Penambahan ukuran untuk mengatasi penyusutan pada saat logam mengalami pendinginan dan juga untuk proses pemesinan jika diperlukan.
2. Memberi kemiringan pada sisi - sisi pola untuk memudahkan pengeluaran pola pada proses pembuatan cetakan.
3. Menentukan bagian pemisah (parting line) untuk memudahkan pembuatan cetakan.
4. Pemberian radius pada ujung - ujung pola yang sesuai untuk menghindari bentuk yang tajam.

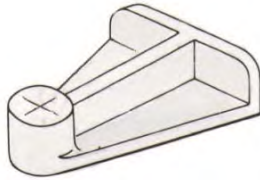
2.6.1. Macam pola

Pada pemilihan pola harus diperhatikan produktivitas, kualitas coran dan harga pola. Pola dibagi menjadi 5 macam, yaitu :

1. Pola pejal

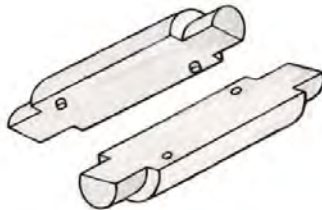
Pola pejal adalah pola yang biasa dipakai yang bentuknya hampir serupa dengan bentuk coran. Pola ini dibagi menjadi beberapa macam antara lain :

- a) Pola tunggal biasanya dibentuk serupa dengan corannya dan bentuk lebih sederhana, kadang-kadang dibuat juga menjadi satu dengan telapak inti.



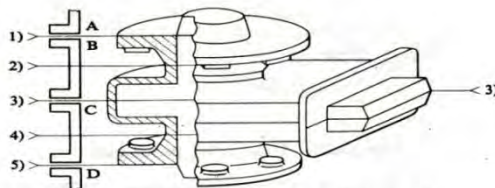
Gambar 2.6. Pola tunggal [1]

- b) Pola belahan ini dibelah ditengah untuk memudahkan pembuatan cetakan. Biasanya pola ini dipakai bila bentuknya ada berupa silinder.



Gambar 2.7. Pola belahan [1]

- c) Pola belahan banyak dimana dalam hal ini pola dibagi menjadi tiga belah atau lebih untuk memudahkan penarikan dari cetakan dan untuk penyederhanaan pemasangan inti



1), 2), 3), 4), 5): Permukaan pisah dari pola.

A), B), C), D): Permukaan penutup dari rangka.

Gambar 2.8. Pola belahan banyak [1]

2. Pola pelat pasangan

Pola ini merupakan pelat dimana pada kedua belahnya ditempelkan pola demikian juga saluran turun (sprue), pengalir (runner), saluran masuk dan penambah (riser). Pola ini cocok sekali untuk produksi masal dari coran kecil.

3. Pola pelat kup dan drag

Biasanya pola semacam ini dipakai untuk meningkatkan produksi dan butuh kepresisian yang tinggi pada saat pemasangan antara kup dan drag.

4. Pola cetakan sapuan

Pola ini dibuat dari pelat dengan sebuah penggeret dan pemutar pada tengahnya. Pembuatan cetakan dilakukan dengan memutar penggeret disekeliling pemutar.

5. Pola kerangka

Pola ini dibuat dengan meletakkan pelat dasar dan membuat pelat dudukan penunton di atasnya dan mengikat pelat-pelat untuk menahan pasir antara tiap penunton.

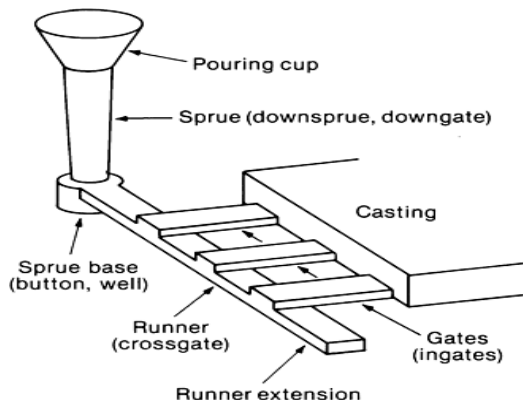
2.7. Sistem Saluran

Secara garis besar sistem saluran didefinisikan sebagai jalan masuk atau saluran bagi logam cair yang dituangkan dari ladle menuju ke dalam rongga cetakan. Perancangan sistem saluran yang tepat merupakan salah satu cara untuk mencegah terjadinya cacat pada hasil coran. Pada umumnya sistem saluran dirancang untuk mengisi cetakan secepat mungkin, seragam dan tidak menimbulkan terbentuknya turbulensi pada aliran saat mengisi rongga cetak agar proses pengecoran tidak menimbulkan cacat. Sistem saluran diharapkan mampu menangkap kotoran dan terak selama proses penuangan. Sistem saluran mempunyai beberapa fungsi utama, antara lain :

1. Mengurangi turbulensi aliran logam cair ketika melalui sistem saluran dan menuju ke rongga cetakan.
2. Menghilangkan udara dan gas yang terjebak di dalam logam.
3. Mengurangi kecepatan dari aliran logam ketika melalui sistem saluran dan saat masuk ke rongga cetakan.
4. Mengikuti cetakan agar diisi secara cukup cepat untuk mencegah pembekuan terlalu dini yang menghasilkan cacat cran.
5. Berperan dalam membentuk gradien temperatur yang tepat untuk menghasilkan pembekuan langsung di dalam pengecoran.

Sistem saluran dari proses pengecoran mempunyai bagian-bagian seperti berikut:

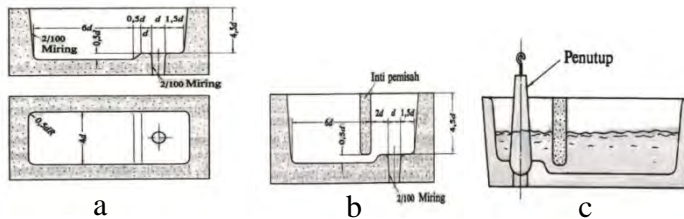
1. Cawan tuang (Pouring cup).
2. Saluran turun (Sprue).
3. Saluran turun dasar (Sprue base)
4. Pengalir (Runner).
5. Pengalir tambahan (Runner extension)
6. Saluran masuk (Ingate)



Gambar 2.9. Sistem Saluran [4]

2.7.1. Cawan tuang (Pouring cup)

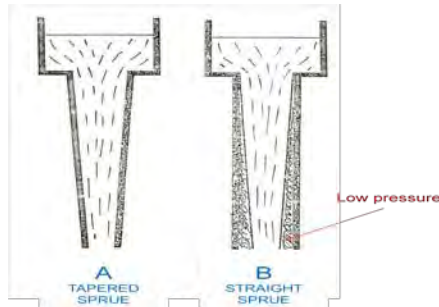
Cawan tuang berfungsi sebagai tempat penerima cairan logam langsung dari ladle. Biasanya berbentuk corong atau cawan dengan saluran turun dibawahnya. Cawan tuang tidak boleh terlalu dangkal sebab hal itu bisa menyebabkan pusaran karena bentuk dari cawan tuang itu sendiri sehingga timbul terak atau kotoran yang terapung pada logam cair.



Gambar 2.10. Jenis cawan tuang : a) tanpa inti pemisah, b) dengan inti pemisah, c) dengan penutup [1]

2.7.2. Saluran turun (Sprue)

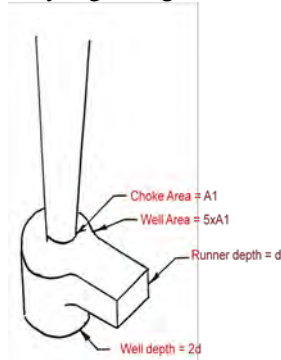
Saluran turun adalah saluran pertama yang membawa logam cair dari cawan tuang ke dalam pengalir dan saluran masuk. Saluran turun dibuat lurus dan tegak dengan irisan berupa lingkaran ataupun persegi. Pada saat logam cair mengalir turun, di dalam *sprue* cenderung membentuk pusaran. Gerakan pusaran dapat dihindari dengan merancang *sprue* berbentuk *square tapered sprue*. Luas daerah *square tapered sprue* bagian bawah berfungsi sebagai *choke*. Jika kita memilih bentuk *straight sprue* maka aliran logam cair akan membentuk olakan dan aliran jatuh bebas dimana di daerah yang bertekanan rendah kemungkinan akan menyebabkan menghisapan udara dan gas yang akan dijerat dalam aliran logam cair. Sehingga kemungkinan adanya cacat rongga udara, selain itu akibat aliran jatuh bebas tersebut mengakibatkan pasir cetak menjadi rontok dan terbawa oleh logam cair.



Gambar 2.11. Bentuk *sprue* : a) *Tapered sprue*,
b) *Straight sprue*[6]

2.7.3. Saluran turun dasar (Sprue base)

Saluran turun dasar adalah bagian *sprue* bagian dasar dimana luasan bagian dasarnya diperluas, biasanya berbentuk silinder atau segi empat yang berfungsi untuk merangkap kotoran pada aliran logam cair dan mengurangi energi kinetik dan energi potensial yang jatuh bebas yang mengakibatkan aliran turbulen.



Gambar 2.12. Bentuk saluran turun dasar menurut AFS[6]

2.7.4. Pengalir (Runner)

Pengalir adalah saluran yang berfungsi membawa logam cair dari saluran turun menuju rongga cetak. Pengalir biasanya mempunyai irisan seperti trapesium atau setengah lingkaran sebab irisan yang demikian mudah dibuat pada permukaan pemisah

(parting line). Untuk pengalir tidak dianjurkan berbentuk silindris, karena bentuk tersebut memicu terjadinya olakan sehingga mengakibatkan adanya gas yang terperangkap pada aliran logam cair yang mengakibatkan timbulnya cacat porositas pada hasil coran. Menurut *AFS* untuk pemasangan pengalir diletakan di posisi drug dan saluran masuk (ingate) di letakan di cup, supaya bila adapasir yang rontok di harapkan mengendap didasar pengalir dan yang masuk ke rongga cetak adalah aliran logam cair yang bersih.



WIDE SHALLOW RUNNERSQUARE RUNNER

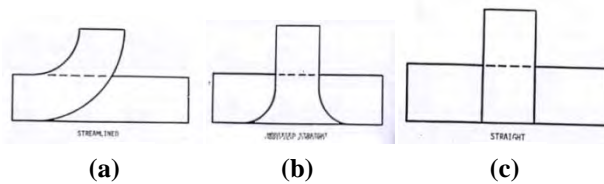
Gambar 2.13.Runner[6]

2.7.5. Pengalir tambahan (Runner extension)

Pengalir tambahan adalah bagian pengalir yang diperpanjang setelah saluran masuk (ingate) terakhir. Pengalir tambahan berfungsi untuk merangkap kotoran dari logam cair akibat erosi dinding cetakan karena aliran turbulen dan kotoran saat penuangan.

2.7.6. Saluran masuk (Ingate)

Saluran masuk adalah saluran untuk mengisikan logam cair dari saluran pengalir kedalam rongga cetakan. Saluran ini dibuat dengan irisan yang lebih kecil daripada irisan pengalir agar dapat mencegah kotoran masuk kedalam rongga cetakan. Saluran ini dapat terdiri dari satu atau lebih saluran masuk dalam sistem saluran yang direncanakan. Untuk bentuk saluran masuk lebih baik pilih dengan bentuk straight karena mudah dibuat, tetapi peletakkannya diatas pengalir (runner).



Gambar 2.14. Saluran Masuk : (a) *streamlined* (b) *modified straight* (c) *straight*[6]

2.8. Perancangan Sistem Saluran

Logam cair yang mengalir dalam sistem saluran dianggap sebagai aliran fluida, sehingga dalam perancangan sistem saluran perlu memperhatikan sifat-sifat dari aliran fluida untuk mendapatkan aliran *laminar*. Hal ini disebabkan karena aliran turbulen dapat mengakibatkan terbentuknya daerah yang bertekanan lebih rendah, sehingga menyebabkan terjebakny udara atau gas dalam hasil coran.

Dalam melakukan perhitungan sistem saluran, dibutuhkan beberapa data awal yang akan digunakan untuk menentukan dimensi sistem saluran secara matematis.

2.8.1. Sistem saluran menurut AFS

Berdasarkan American Foundrymen's Society (AFS), sistem saluran yang optimal dapat dibuat berdasarkan ketentuan sebagai berikut :

1. Sistem saluran menggunakan sistem tanpa tekanan (non pressurized) dimana perbandingan antara luasan saluran turun bawah : pengalir : saluran masuk adalah 1 : 4 : 4
2. Saluran turun yang digunakan adalah saluran turun yang berbentuk tirus persegi empat.
3. Menggunakan cawan tuang.
4. Saluran turun dasar digunakan untuk mengurangi energi kinetik yang muncul karena efek jatuh bebas pada saluran turun.

5. Pengalir diletakan di drag dan saluran masuk diletakan di *cope*.
6. Menggunakan perpanjangan pengalir yang berguna untuk menjebak *slag* atau pengotor dari logam cair.

2.8.2. Penentuan berat benda coran

Karena benda coran tidak dapat ditimbang sebelum melakukan pengecoran, maka untuk menghitung berat benda coran digunakan perumusan sebagai berikut :

$$W = V \cdot \rho \quad (\text{pers. 2.1})$$

Dimana , W = berat benda coran (lb)
 V = volume benda (in^3)
 ρ = densitas logam cair (lb/in^3)

2.8.3. Penentuan waktu tuang

Penentuan waktu tuang untuk coran dapat dihitung dengan menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$t = f \cdot \sqrt{W} \quad (\text{pers. 2.2})$$

Dimana, W = berat benda coran (lb)
 t = waktu tuang (sec)
 f = nilai konstanta (0,9 – 2,6)

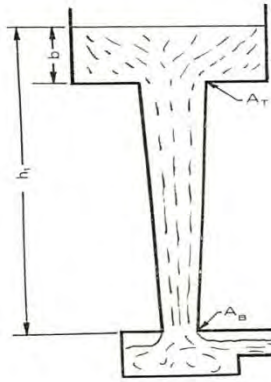
2.8.4. Penentuan *bottom area of sprue / Choke area* (A_B)

Choke area dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$A_B = \frac{W}{\rho \cdot t \cdot c \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}} \quad (\text{pers. 2.3})$$

Dimana, A_B = luasan penyempitan bawah (in^2)
 W = berat benda coran (lb)
 ρ = densitas logam cair (lb/in^3)

- t = waktu tuang (sec)
 H = ketinggian efektif saluran turun (in)
 g = percepatan gravitasi (386,22 in/sec²)
 c = faktor efisiensi saluran turun (0,74 – 0,88)



Gambar 2.15. Saluran turun [6]

2.8.5. Penentuan *top area of sprue* (A_T)

Top Area of Sprue dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_T = A_B \sqrt{\frac{h}{b}} \quad (\text{pers. 2.4})$$

Dimana, A_B = luasan penyempitan bawah (in²)

A_T = luasan penyempitan atas (in²)

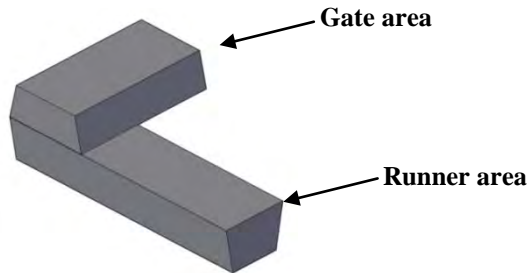
h = ketinggian saluran turun (in)

b = kedalaman cawan tuang (in)

2.8.6. Penentuan area pengalir dan saluran masuk

Area saluran masuk dapat ditentukan dari perbandingan antara area penyempitan bawah (*choke area*), area pengalir (*runner area*) dan area saluran masuk (*ingate area*). Sesuai dengan rekomendasi AFS sistem saluran horizontal, nilai

perbandingannya yaitu saluran turun bawah : pengalir : saluran masuk adalah 1 : 4 : 4, maka dapat disimpulkan area pengalir dan saluran masuk sama dengan empat kali area penyempitan bawah. Karena material yang digunakan adalah material non ferrous, maka jenis pengalir yang digunakan adalah pengalir yang berbentuk dangkal dan lebar.



Gambar 2.16. Gate dan Runner Area

2.8.7. Penentuan saluran turun dasar (Well base)

Saluran turun dasar dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Well Base} = 5 \times A_B \quad (\text{pers. 2.5})$$

$$\text{Kedalaman Well Base} = 2 \times \text{tinggi pengalir} \quad (\text{pers. 2.6})$$

Dimana, A_B = Choke Area (in^2)

2.9. Pasir Cetak

Peleburan logam pada umumnya mempunyai titik lebur diatas 1200°C , maka tidak mudah untuk mendapatkan cetakan yang sanggup menekan panas diatas temperatur tersebut, untuk itu pasir cetak yang baik harus memenuhi persyaratan cetakan.

1. Syarat – Syarat Pasir Cetak

Pasir cetak harus memenuhi persyaratan sebagai berikut [1] :

- ❖ Mempunyai sifat mampu bentuk sehingga mudah dalam pembuatan cetakan dengan kekuatan yang cocok.

- ❖ Permeabilitas yang cocok. Permeabilitas yang kurang baik akan menyebabkan cacat coran seperti shrinkage, porosity dan kekasaran permukaan.
- ❖ Distribusi besar butir yang cocok. Hal yang mempengaruhi distribusi ukuran butiran pasir cetak adalah mesh (tingkat besar butir pada proses pengayaan pasir cetak). Semakin kecil distribusi pasir cetak, maka permukaan coran menjadi halus, namun udara atau gas sulit untuk keluar sehingga dapat mengakibatkan porositas.
- ❖ Tahan terhadap temperatur tinggi pada saat penuangan logam.
- ❖ Komposisi yang cocok.
- ❖ Mampu dipakai secara berulang – ulang supaya lebih ekonomis.
- ❖ Pasir harus murah.

2. Macam – Macam Pasir Cetak

Pasir cetak yang lazim digunakan dalam proses pengecoran ada beberapa macam, antara lain :

- ❖ Silika (SiO_2), digunakan di hampir seluruh proses pengecoran logam dengan pasir cetak.
- ❖ Zirkon (ZrO_2), digunakan sebagai facing-sand atau campuran dengan silika pada pengecoran baja.
- ❖ Chromit ($\text{FeO.Cr}_2\text{O}_3$), digunakan sebagai facing-sand atau campuran dengan silika pada pengecoran baja.

3. Bahan Pengikat

Penambahan bahan pengikat diperlukan untuk membuat pasir cetak menjadi lebih kuat dan mempunyai permeabilitas yang baik. Macam – macam bahan pengikat yang sering digunakan antara lain :

- ❖ Bentonit
 - Calcium bentonit
 - Natrium bentonit

Bentuk fisik : Tepung berwarna putih kelabu yang menjadi licin bila dicampur air.

❖ Semen

- Semen portland
- Semen putih

❖ Air kaca ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

Bentuk fisik : Cairan kental berwarna bening sampai keputih – putihan.

❖ Resin

- Hot-Box resin
- Cold-Box resin
- No-Bake resin

Bentuk fisik : Cairan encer berwarna coklat bening sampai gelap dan berbau tajam. Umumnya terdiri dari tiga komponen yang harus dicampurkan, yaitu resin, pengeras dan pereaksi.

4. Permeabilitas Pasir Cetak

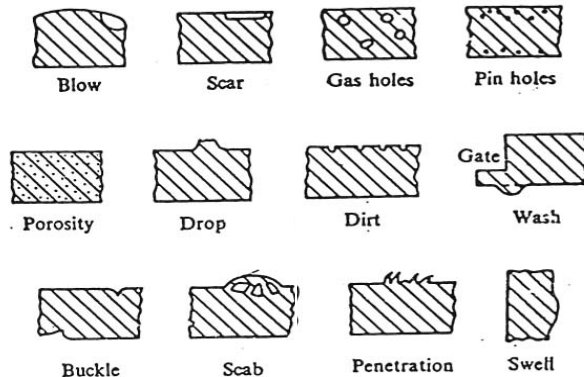
Permeabilitas atau kemampuan pasir cetak untuk mengalirkan gas adalah sifat yang paling penting terhadap hasil dari benda coran. Pasir cetak yang telah dipadatkan harus dapat mengalirkan uap dan gas – gas yang dilepaskan oleh logam panas pada waktu dilakukan penuangan ke dalam cetakan. Apabila cetakan tak dapat mengeluarkan atau mengalirkan gas – gas dengan baik, maka kan terjadi cacat coran berupa rongga udara atau lubang – lubang pada hasil coran. Permeabilitas ini tergantung pada beberapa faktor antara lain :

- a. Bentuk butiran pasir
- b. Kahalusan pasir
- c. Kadar air
- d. Jumlah bahan pengikat
- e. Cara memadatkan pasir

2.10. Cacat Coran Akibat Permeabilitas

Pada proses pengecoran banyak sekali adanya cacat pada produk. Apabila produk tersebut akan di produksi dan banyak adanya cacat coran maka banyak pula kerugian yang didapatkan, sehingga cacat tersebut harus di kurangi semaksimal mungkin. Cacat yang disebabkan oleh permeabilitas pada hasil coran adalah sebagai berikut :

1. **Blow** yaitu rongga bulat besar yang disebabkan gas karena menempati daerah logam cair pada permukaan kop. Blow biasanya terjadi pada permukaan coran yang cembung.
2. **Scar** yaitu blow yang dangkal yang biasanya dijumpai pada permukaan coran yang rata.
3. **Gas holes** (lobang gas) yaitu gelembung gas yang terperangkap yang mempunyai bentuk bola dan terjadi ketika sejumlah gas larut dalam logam cair.
4. **Pin holes** adalah lobang blow yang sangat kecil dan terjadi pada atau dibawah permukaan coran.
5. **Porosity** (porositas) adalah lobang sangat kecil yang tersebar merata diseluruh coran.



Gambar 2.17. Cacat coran akibat permeabilitas

6. **Drop** adalah Tonjolan pada permukaan kop yang disebabkan karena jatuhnya pasir dari kop.
7. **Dirt** adalah lobang kecil pada permukaan kup karena jatuhnya pasir ke benda coran. ketika pasir dilepaskan akan meninggalkan lobang kecil.
8. **Wash** adalah tonjolan pada permukaan drag yang timbul di dekat saluran masuk, hal ini disebabkan oleh erosi pada pasir karena kecepatan logam cair yang tinggi memasuki dasar saluran masuk.
9. **Scab** adalah lapisan tipis logam, kasar yang menonjol diatas permukaan coran, pada puncak lapisan tipis pasir.
10. **Penetration** yaitu tonjolan berongga, kasar karena cairan logam mengalir diantara partikel pasir dikarenakan permukaan cetakan begitu lunak dan berongga.
11. **Swell** adalah cacat yang dijumpai pada permukaan vertikal pengecoran jika pasir cetakan berdeformasi karena tekanan hidrostatik yang disebabkan kandungan uap air yang tinggi didalam pasir.

2.11. Serbuk Kayu

Kayu merupakan bahan yang paling banyak digunakan untuk keperluan konstruksi. Kebutuhan kayu yang terus meningkat dan potensi hutan yang terus berkurang menuntut penggunaan kayu secara efisien dan bijaksana, antara lain dengan memanfaatkan limbah berupa serbuk kayu menjadi produk yang bermanfaat.



Gambar 2.18. Serbuk kayu

Serbuk kayu atau serbuk gergaji merupakan limbah industri penggergajiankayu yang banyak menimbulkan masalah dalam penanganannya yang selama ini dibiarkan membusuk, ditumpuk dan dibakar. Cara tersebut berdampak negatif terhadap lingkungan sehingga penanggulangannya perlu dipikirkan.

Salah satu pemanfaatan serbuk kayu adalah sebagai campuran pasir cetak pada proses pengecoran logam yang berfungsi untuk menambah sifat *colapsability* cetakan pasir ketika dilakukan pembongkaran cetakan. Semakin tinggi *colapsability* cetakan pasir, maka semakin tinggi permeabilitasnya. Karena permeabilitas pasir cetak berbanding terbalik dengan kemampuan tekannya.

2.12. Semen Portland

Semen portland adalah suatu campuran senyawa kimia yang bersifat hidrolis artinya jika dicampur dengan air dalam jumlah tertentu akan mengikat bahan – bahan lain menjadi satu kesatuan massa yang dapat memadat dan mengeras. Secara umum semen dapat didefinisikan sebagai bahan perekat yang dapat merekatkan bagian – bagian benda padat menjadi bentuk yang kuat kompak dan keras.



Gambar 2.19. Semen portland

Mungkin banyak yang masih bingung untuk membedakan antara semen PPC, PCC dan OPC. Berikut penjelasan umum tentang perbedaan antara OPC, PCC dan PPC.

1. OPC (*Ordinary Portland Cement*) adalah semen hidrolis yang dipergunakan secara luas untuk konstruksi umum atau bangunan yang tidak membutuhkan persyaratan khusus. Semen tipe ini memiliki kadar silika yang terbesar diantara tipe PPC dan PCC.
2. PCC (*Portland Composite Cement*) adalah semen dari hasil penggilingan terak semen portland, gipsum, dan satu atau lebih bahan anorganik, untuk konstruksi beton umum, pasangan batu bata, plesteran, selokan, pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, dan paving block.
3. PPC (*Portland Pozzoland Cement*) adalah semen hidrolis yang terbuat dari penggilingan terak (clinker) semen portland dengan gipsum dan bahan pozzolan, untuk bangunan umum dan bangunan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang seperti jembatan, jalan raya, perumahan, dermaga, beton massa, bendungan, dan bangunan irigasi.

2.13. Pengujian Pasir

Pasir cetak harus diuji untuk mengetahui sifat – sifatnya. Pengujian mekanik yang biasa dilakukan adalah :

1. Permeabilitas. Besar kecilnya porositas pasir cetak ditentukan dari pelepasan gas dan uap yang ada dalam cetakan.
2. Kekuatan. Pasir harus mempunyai gaya kohesi yang menentukan daya ikatnya.
3. Ketahanan terhadap temperatur tinggi.
4. Ukuran dan bentuk butiran. Ukuran pasir disesuaikan dengan bentuk permukaan yang diinginkan.

2.13.1. Permeabilitas

Pengujian permeabilitas yang umum dipakai adalah sebagai berikut. Buat spesimen standar berukuran Ø 50mm x 50mm dengan memadatkan pasir dalam silinder pemadat dengan ukuran tertentu yang telah mendapatkan pemukulan pemadatan sebanyak tiga kali. Spesimen ini dipasang pada alat uji permeabilitas dan pengujian dilakukan dengan mencari perbedaan tekanan dan waktu yang diperlukan untuk melewati 2000 cc udara melalui spesimen standar. Dalam pengukuran permeabilitas, persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{Q.L}{p.A.T} \quad (\text{pers. 2.7})$$

Dimana, P = permeabilitas (cm/mnt)

A = luas irisan (19,625 cm²)

Q = volume udara yang lewat melalui spesimen (cm³)

L = panjang spesimen (5cm)

T = waktu untuk melewati Q (mnt)

p = tekanan udara (cm water)



Gambar 2.20. Permeability meter

2.13.2. Kekuatan pasir

Pengujian kekuatan tekan dilakukan dengan cara membuat spesimen standar berukuran Ø 50mm x 50mm dengan memadatkan pasir dalam silinder pemadat dengan ukuran tertentu yang telah mendapatkan pemukulan pemadatan sebanyak tiga kali. Spesimen ini dipasang pada alat uji kompresi dan diberi beban sampai spesimen patah. Dalam pengukuran kekuatan tekan, persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{F}{A} \quad (\text{pers. 2.8})$$

Dimana, P = kekuatan tekan (kN / m^2)
 A = luas irisan spesimen (m^2)
 F = beban pada patahnya specimen (kN)



Gambar 2.21. Universal sand strength machine

2.14. Porositas

Porositas adalah suatu cacat pada produk coran yang dapat menurunkan kualitas benda tuang. Salah satu penyebab terjadinya porositas pada penuangan paduan aluminium adalah gas hidrogen. Porositas oleh gas hidrogen dalam logam paduan aluminium

akan memberikan pengaruh yang buruk pada sifat mekanik, serta kesempurnaan dari benda tuang tersebut. Penyebab lain porositas adalah kontrol yang kurang sempurna terhadap absorpsi gas oleh paduan, pengeluaran gas dari dalam logam karena interaksi antara gas dengan logam selama peleburan dan penuangan.



Gambar 2.22. Cacat porositas

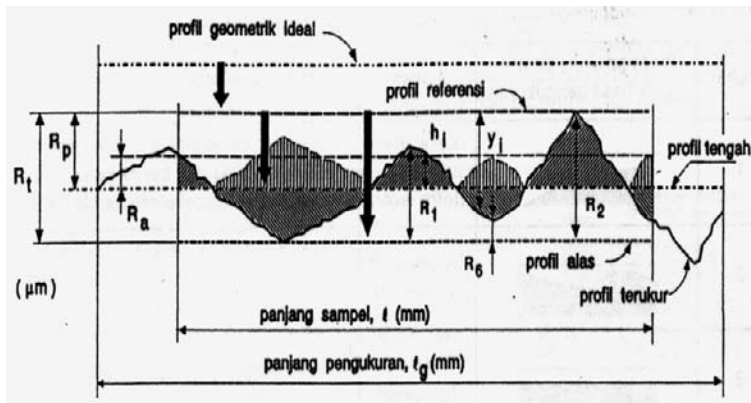
2.15. Kekasaran Permukaan

Menurut istilah keteknikan, permukaan adalah suatu batas yang memisahkan benda padat dengan sekitarnya. Profil atau bentuk yang dikaitkan dengan istilah permukaan mempunyai arti tersendiri yaitu garis hasil pemotongan secara normal atau serong dari suatu penampang permukaan. Kekasaran terdiri dari ketidakraturan tekstur permukaan benda, yang pada umumnya mencakup ketidakraturan yang diakibatkan oleh perlakuan selama proses produksi. Tekstur permukaan adalah pola dari permukaan yang menyimpang dari suatu permukaan nominal. Penyimpangan mungkin atau berulang yang diakibatkan oleh kekasaran, *waviness*, *lay*, dan *flaws*. Faktor – faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan pada proses pengecoran logam adalah besar butiran pasir cetak, cacat penyusutan, kehalusan dan kerataan pola system saluran, dan lain – lain.

Parameter kekasaran yang biasa dipakai dalam proses produksi untuk mengukur kekasaran permukaan benda adalah kekasaran rata-rata (R_a). Harga R_a lebih sensitif terhadap

perubahan atau penyimpangan yang terjadi pada proses pemesinan. Toleransi harga R_a , seperti halnya toleransi ukuran (lubang dan poros), harga kekasaran rata-rata aritmetis (R_a) juga mempunyai harga toleransi kekasaran. Profil kekasaran permukaan terdiri dari :

1. Profil geometrik ideal ialah profil permukaan yang sempurna dapat berupa garis lurus, lengkung atau busur.
2. Profil terukur (measured profil), merupakan profil permukaan terukur.
3. Profil referensi adalah profil yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisa ketidakteraturan konfigurasi permukaan.
4. Profil akar/alas yaitu profil referensi yang digeserkan ke bawah sehingga menyinggung titik terendah profil terukur.
5. Profil tengah adalah profil yang digeserkan ke bawah sedemikian rupa sehingga jumlah luas bagi daerah-daerah diatas profil tengah sampai profil terukur adalah sama dengan jumlah luas daerah-daerah di bawah profil tengah sampai ke profil terukur



Gambar 2.23. Parameter dalam profil permukaan [3]

Berdasarkan profil – profil diatas, dapat didefinisikan beberapa parameter permukaan, yaitu yang berhubungan dengan dimensi pada arah tegak dan memanjang. Dimensi arah tegak terdiri dari beberapa parameter, yaitu :

1. Kekasaran total (peak to valley height / total height), R_t adalah jarak antara profil referensi dengan profil alas.
2. Kekasaran perataan (depth of surface smoothness / peak to mean line), R_p adalah jarak rata-rata antara profil referensi dengan profil terukur.
3. Kekasaran rata-rata aritmetik (mean roughness index / center line average, CLA), R_a adalah harga rata-rata aritmetik dibagi harga absolute jarak antara profil terukur dengan profil tengah.
4. Kekasaran rata-rata kuadratik (root meansquare height), R_q adalah akar bagi jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah.
5. Kekasaran total rata-rata, R_z adalah jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima puncak tertinggi dikurangi jarak rata-rata profil alas ke profil terukur pada lima lembah terendah.

Tabel 2.2. Harga R_a menurut proses pengerjaannya [3]

Proses pengerjaan	Selang (N)	Harga R_a
<i>Flat and cylindrical lapping,</i>	$N_1 - N_4$	0.025 – 0.2
<i>Superfinishing Diamond turning</i>	$N_1 - N_6$	0.025 – 0.8
<i>Flat cylindrical grinding</i>	$N_1 - N_8$	0.025 – 3.2
<i>Finishing</i>	$N_4 - N_8$	0.1 – 3.2
<i>Face and cylindrical turning, milling and reaming</i>	$N_5 - N_{12}$	0.4 – 50.0
<i>Drilling</i>	$N_7 - N_{10}$	1.6 – 12.5
<i>Shapping, planning, horizontal milling</i>	$N_6 - N_{12}$	0.8 – 50.0
<i>Sandcasting and forging</i>	$N_{10} - N_{11}$	12.5 – 25.0
<i>Extruding, cold rolling, drawing</i>	$N_5 - N_8$	0.8 – 3.2
<i>Die casting</i>	$N_6 - N_7$	0.8 – 1.6

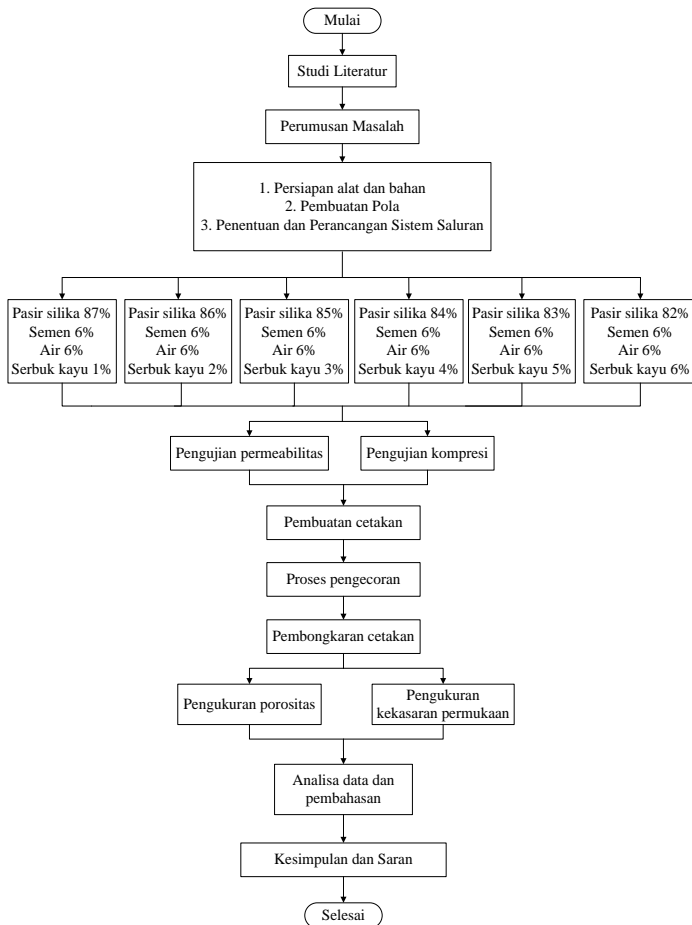
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini digambarkan pada diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian

3.2.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. *Aluminium Alloy 6061*
2. Pasir silika
3. Semen
4. Serbuk kayu
5. Air
6. Gas *LPG*

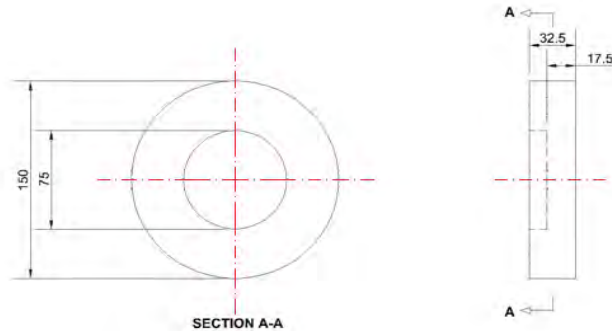
3.2.2. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Dapur pelebur logam
2. Gergaji mesin
3. Ayakan pasir
4. Rangka cetak
5. Bak dan ember
6. Penggaris
7. Gelas ukur
8. Timbangan digital
9. Jangka sorong
10. Sekop pasir
11. Penumbuk pasir
12. Spatula
13. Kamera digital

3.3. Pola yang Digunakan

Pola merupakan suatu model dari produk jadi untuk membuat cetakan. Ukuran pola juga merupakan ukuran produk jadi. Produk jadi yang diinginkan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



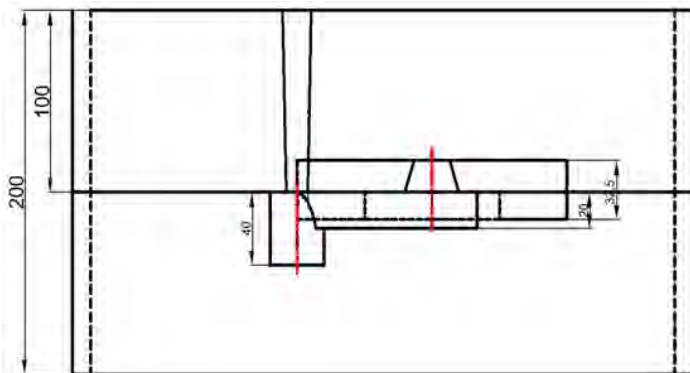
Gambar 3.2. Pola

3.4. Penentuan dan Perancangan Sistem Saluran

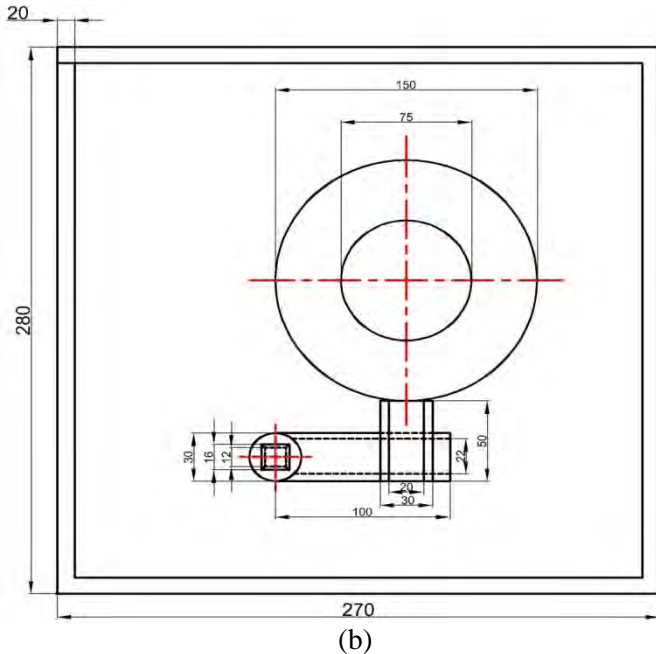
Setelah pola dirancang, maka selanjutnya perlu merancang sistem saluran. Untuk mendapatkan saluran cor yang baik, maka yang harus diperhatikan adalah bentuk dan ukuran sistem saluran yang akan digunakan. Jika terdapat kesalahan pada sistem saluran, akan berpengaruh langsung terhadap hasil coran.

3.4.1. Penentuan sistem saluran

Sistem saluran yang digunakan pada penelitian ini adalah *Parting Line – Horizontal Gating System*



(a)



Gambar 3.3. *Parting line – horizontal gating system* (a) Tampak samping (b) Tampak depan

3.4.2. Perancangan sistem saluran

Dalam melakukan perhitungan sistem saluran dibutuhkan data awal yang akan digunakan untuk menentukan dimensi sistem saluran. Data yang digunakan untuk perancangan dan perhitungan sistem saluran adalah sebagai berikut :

➤ Material Cor :

- Jenis material = Aluminium (Al)
- Berat jenis (ρ) = $2,7 \text{ gr/cm}^3$
= $0,097 \text{ lb/in}^3$
- T. melt = $660,2^\circ\text{C}$
- Volume = $507,8 \text{ cm}^3$

1. Perhitungan berat benda coran (W) :

Massa jenis aluminium alloy 6061 (ρ) = 2.7 gr/cm³

$$\begin{aligned} W &= V \cdot \rho && \text{(pers. 3.1)} \\ &= 507,8 \cdot 2,7 \\ &= 1371,06 \text{ gr} \\ &= 3,02 \text{ lb} \end{aligned}$$

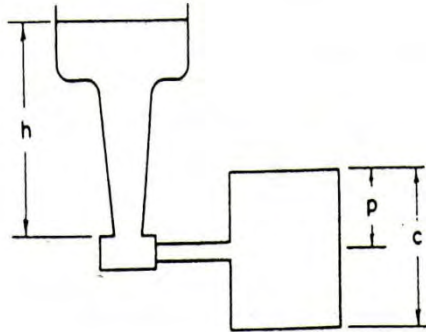
2. Perhitungan waktu tuang (t) :

Nilai konstanta (f) = 2

$$\begin{aligned} t &= f \cdot \sqrt{W} && \text{(pers. 3.2)} \\ &= 2 \cdot \sqrt{3,02 \text{ lb}} \\ &= 3,48 \text{ sec} = 4 \text{ sec} \end{aligned}$$

3. Perhitungan effective sprue height (H) :

Saluran yang digunakan adalah *parting line – horizontal gating system*, maka menggunakan persamaan berikut.



Gambar 3.4. Parting line [6]

Tebal pola (c) = 32,5 mm

Parting line dari pola (p) = 17,5 mm

Panjang sprue (h) = 100 mm

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{2hc - p^2}{2c} && \text{(pers. 3.3)} \\
 &= \frac{2 \cdot 100 \cdot 32,5 - 17,5^2}{2 \cdot 32,5} \\
 &= 95,94 \text{ mm} = 9,6 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan *choke area* (A_B) :

Efficiency factor of sprue (c) = 0,74

(*square tapered sprue*)

Tinggi efektif sprue (H) = 9,6 cm

Density (d) = (ρ) = 2,7 gr/cm³

Percepatan grafitasi = 981 cm/s²

$$\begin{aligned}
 A_B &= \frac{W}{\rho \cdot t \cdot c \sqrt{2 \cdot g \cdot H}} && \text{(pers. 3.4)} \\
 &= \frac{1442,64}{2,7 \cdot 4 \cdot 0,74 \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 9,6}} \\
 &= 1,3 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Setelah menghitung luasan *choke area* sebesar 1,3 cm², maka dapat diketahui sisi dari saluran turun dengan menggunakan *square tapered sprue* adalah :

Luas Persegi = s x s (pers. 3.5)

1,3 = s x s

s = 1,14 cm = 1,2 cm

5. Perhitungan *top of sprue area* (A_T) :

Panjang sprue (h) = 10 cm

Kedalaman pouring basin (b) = 3 cm

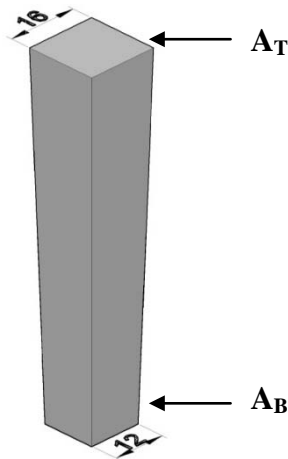
$$\begin{aligned}
 A_T &= A_B \sqrt{\frac{h}{b}} && \text{(pers. 3.6)} \\
 &= 1,3 \sqrt{\frac{10}{3}} \\
 &= 2,4 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Setelah menghitung *top sprue area* sebesar $2,4 \text{ cm}^2$, maka dapat diketahui sisi dari saluran turun dengan menggunakan *square tapered sprue* adalah :

Luas Persegi = $s \times s$

$$2,4 = s \times s$$

$$s = 1,55 \text{ cm} = 1,6 \text{ cm}$$



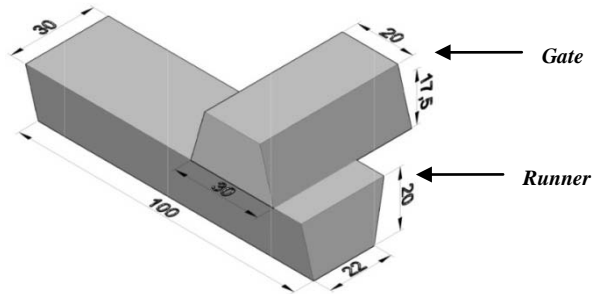
Gambar 3.5. Choke area dan Top sprue area

6. Perhitungan *runner area* dan *gate area* :

Sesuai dengan rekomendasi American Foundrymen's Society (AFS), *runner area* dan *gate area* dapat dihitung dengan perbandingan *sprue* : *runner* : *gate* = 1 : 4 : 4

$$\begin{aligned}
 \text{Runner area} &= 4 \times A_B & (\text{pers. 3.7}) \\
 &= 4 \times 1,3 \text{ cm}^2 \\
 &= 5,2 \text{ cm}^2 \\
 \text{Gate area} &= 4 \times A_B \\
 &= 4 \times 1,3 \text{ cm}^2 \\
 &= 5,2 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Runner dan *gate* yang digunakan adalah bentuk trapesium. Sisi sejajar *runner* memiliki panjang 3 dan 2,2 cm, sedangkan tinggi 2 cm.



Gambar 3.6. *Runner area* dan *Gate area*

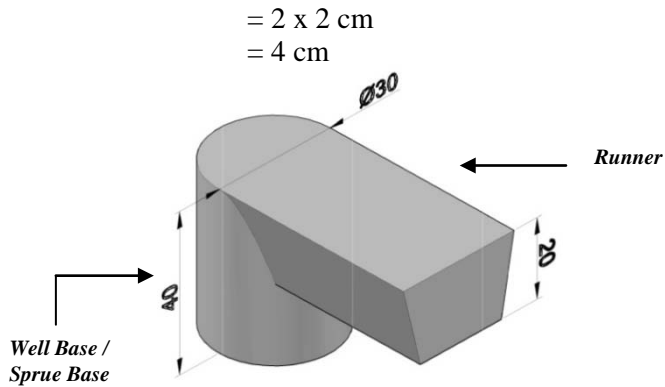
7. Perhitungan *well base* / *sprue base* :

$$\begin{aligned}
 \text{Well base} &= 5 \times A_B & (\text{pers. 3.8}) \\
 &= 5 \times 1,3 \text{ cm}^2 \\
 &= 6,5 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan, maka dapat diketahui diameter dari *well base* tersebut:

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Lingkaran} &= \pi r^2 & (\text{pers. 3.9}) \\
 6,5 &= 3,14 \times r^2 \\
 r &= 1,43 \text{ cm} \\
 d &= 3 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Kedalaman Well} = 2 \times \text{tinggi runner} \quad (\text{pers. 3.10})$$



Gambar 3.7. Well base area / Sprue base area

3.5. Langkah – Langkah Percobaan

Langkah – langkah percobaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tahap persiapan

Tahap persiapan dilakukan mulai dari pengumpulan berbagai literatur atau buku-buku referensi yang berkaitan dengan proses pengecoran logam, perumusan masalah, perancangan sistem saluran dan pola, hingga persiapan bahan dan peralatan.

2. Pengolahan pasir cetak

Pasir cetak yang digunakan adalah jenis pasir silika dan pengikatnya berupa semen portland dengan memvariasikan komposisi semen dan serbuk kayu dengan masing – masing komposisi sebagai berikut :

Komposisi I	: Pasir silika	: 87%
	Semen	: 6%
	Air	: 6%
	Serbuk kayu	: 1%

Komposisi II	Pasir silica	: 86%
	Semen	: 6%
	Air	: 6%
	Serbuk kayu	: 2%
Komposisi III	Pasir silica	: 85%
	Semen	: 6%
	Air	: 6%
	Serbuk kayu	: 3%
Komposisi IV	Pasir silica	: 84%
	Semen	: 6%
	Air	: 6%
	Serbuk kayu	: 4%
Komposisi V	Pasir silica	: 83%
	Semen	: 6%
	Air	: 5%
	Serbuk kayu	: 1%
Komposisi VI	Pasir silica	: 82%
	Semen	: 6%
	Air	: 6%
	Serbuk kayu	: 6%

Tidak semua keenam komposisi pasir cetak dilakukan pengecoran, namun hanya tiga komposisi pasir cetak saja yang dilakukan pengecoran. Untuk pembuatan cetakan, hal yang perlu diperhatikan adalah proses pencampuran komposisi dari tiap bahan, yaitu semen, serbuk kayu, pasir silica dan air. Kematangan adukan sangat berpengaruh terhadap daya lekat pasir cetak. Untuk mendapatkan kematangan pasir cetak, dilakukan pengadukan selama 15 – 20 menit.

3. Pengujian permeabilitas dan kompresi pasir cetak

Menggunakan alat uji permeabilitas dan alat uji kompresi, masing – masing komposisi pasir cetak akan

diuji dan hasilnya akan dicatat dalam tabel di bawah ini dengan menggunakan pers.2.7 dan pers.2.8 :

4. Pembuatan cetakan

Ukuran rangka cetak yang digunakan pada penelitian ini disesuaikan dengan dimensi pola serta penempatan sistem saluran di dalam cetakan. Dimensi cetakan yang digunakan (untuk masing – masing *cope* dan *drag*) :

Panjang = 280 mm

Lebar = 270 mm

Tinggi = 100 mm

Tebal = 20 mm

5. Proses pengecoran

Proses peleburan aluminium dilakukan dengan menggunakan tungku hingga temperatur sekitar 750°C diatas temperatur melting point sebesar $660,2^{\circ}\text{C}$. Hal ini dilakukan untuk menjaga temperatur turun pada waktu logam cair diangkat dari tungku dan dituang ke dalam cetakan.

6. Pembongkaran cetakan

Setelah proses pengecoran selesai dan logam mengalami pembekuan didalam cetakan, maka selanjutnya cetakan dibongkar untuk memisahkan benda coran dari cetakan.

7. Pengamatan dan pengukuran hasil coran

Pengamatan hasil coran dilakukan secara visual untuk porositas dan alat kekasaran permukaan untuk mendapatkan nilai Ra.

- Cara pengukuran cacat porositas.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung prosentase porositas adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{V_p}{V_t} \times 100\%$$

$$P = \frac{V_t - V_s}{V_t} \times 100\%$$

$$P = \frac{V_t - \frac{M_s}{\rho}}{V_t} \times 100\% \quad (\text{pers.3.11})$$

Dimana, P = prosentase porositas (%)

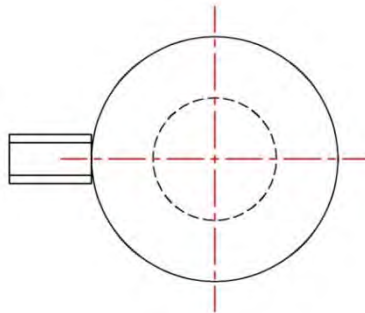
V_p = volume porositas (cm^3)

V_t = volume total spesimen (cm^3)

M_s = massa spesimen (gr)

ρ = massa jenis spesimen (gr/cm^3)

Lokasi pengukuran cacat porositas adalah pada seluruh bagian benda hasil coran. Karena cacat porositas tidak terletak pada bagian tertentu, namun tersebar merata pada seluruh bagian benda hasil coran.



Gambar 3.8. Lokasi pengukuran cacat porositas

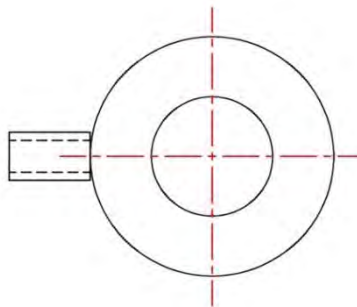
- Cara pengukuran kekasaran permukaan

Pengukuran kekasaran permukaan menggunakan *dial indicator* dengan cara meletakkan benda hasil coran diatas meja rata dan meletakkan jarum *dial indicator* di tempat yang akan diukur, kemudian di geser sejauh benda ukur. Setiap pergeseran 1 mm, hasil pengukuran dicatat.



Gambar 3.9. *Dial indicator*

Lokasi pengukuran kekasaran permukaan adalah pada bagian rongga cetak yang terletak di *drag* dan pada sisi terjauh dari *gate* yang terisi pertama kali dengan logam cair.



Gambar 3.10. Lokasi pengukuran kekasaran permukaan

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1. Pembuatan Sistem Saluran

Sistem saluran pada penelitian ini menggunakan *parting line gating system*. Dengan menggunakan rumus perancangan sistem saluran, didapatkan dimensi sistem saluran yang ideal menurut AFS (American Foundryman's Society). Sistem saluran yang ideal terdiri dari *sprue*, *sprue base*, *runner* dan *gate*. Setelah dimensi sistem saluran didapatkan, kemudian dilakukan pembuatan sistem saluran dengan menggunakan kayu kamper. Sistem saluran tersebut di dempul hingga pori – pori kayu tertutup dan kemudian di amplas hingga halus.



Gambar 4.1.Pola belah dan saluran cetak

4.2. Pengolahan Pasir Cetak

Terdapat 6 komposisi pasir cetak yang digunakan pada penelitian ini, namun hanya 3 komposisi yang dilakukan pengecoran. Keenam komposisi pasir cetak terdiri dari komposisi semen dan air sebesar 6%. Komposisi serbuk kayu sebesar 1%, 2%, 3%, 4%, 5% dan 6%. Sedangkan komposisi pasir silika sebesar 87%, 86%, 85%, 84%, 83% dan 82%. Jenis semen yang digunakan adalah PPC (Portland Pozzolan Cement) dan jenis kayu yang digunakan adalah kayu kamper dengan mesh sebesar 48, sedangkan *mesh* untuk pasir silika sebesar 20.



(a) (b)

Gambar 4.2.*Meshing* : (a) *Mesh 48*, (b) *Mesh 20*

4.3. Pengujian Pasir Cetak

Flowability testing fixture digunakan untuk membuat spesimen uji sebanyak 6 spesimen dari masing – masing komposisi pasir cetak, dan akan dilakukan uji permeabilitas dan uji kompresi.



(a) (b)

Gambar 4.3.Pengujianpasir : (a) *Flowability testing fixture*, (b) Spesimenuji

4.3.1. Kalibrasi dan pengukuran *permeability meter*

Sebelum alat uji permeabilitas digunakan, perlu dilakukan kalibrasi alat terlebih dahulu kalibrasi dilakukan dengan mengupayakan agar jarum penunjuk selalu berada pada posisi nol. Langkah – langkah kalibrasi *permeability meter* sebagai berikut :

- Menutup keluaran udara dengan alat penutupnya
- Memutar pengatur *seal* hingga mengembang dan merapat agar tidak terjadi kebocoran udara.

- Mengubah posisi tuas disamping kiri *permeability meter* kearah *test*.
- Jika jarum penunjuk belum menunjuk angka nol dengan konstan, maka tombol kalibrasi disamping kanan di putar hingga jarum menunjukan angka nol.



Gambar 4.4.*Permeability meter*

4.3.2. Pengujian permeabilitas

Setelah mesin uji permeabilitas dikalibrasi, maka proses pengujian dapat dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut :

- Memasang *flowability testing fixture* yang didalamnya telah terdapat spesimen uji pada *permeability meter*.
- Alat pengatur *seal* diputar hingga seal mengembang dan merapat agar tidak terjadi kebocoran saat pengujian dilakukan.
- Mengubah posisi tuas kearah *test*.
- Mencatat nilai yang terukur oleh jarum penunjuk.
- Mengubah posisi tuas kearah *check*.
- Mengambil *flowability testing fixture* dan mengeluarkan spesimen uji.

4.3.3. Pengujian kompresi

Pengujian kompresi dilakukan untuk mengetahui kekuatan dari tiap komposisi pasir cetak yang digunakan. Adapun langkah – langkah pengujian sebagai berikut :

- Memasang spesimen uji.
- Meletakan pasak kecil sebagai alat penunjuk nilai pengujian.
- Menekan tombol hitam dan menunggu spesimen uji hancur.
- Mengambil spesimen uji dari alat uji kompresi.



Gambar 4.5.*Universal sand strength machine*

4.4. Pembuatan Cetakan Pasir

Dari keenam komposisi pasir cetak, hanya tiga spesimen yang dilakukan pembuatan cetakan pasir. Adapun langkah – langkah pembuatan cetakan pasir sebagai berikut :

- *Drag* diletakan diatas alas datar dalam posisi terbalik.
- Pasir cetak dimasukan dan dipadatkan dengan menggunakan penumbuk hingga memenuhi *drag*.
- *Drag* dibalik secara hati – hati hingga *runner* dan pola menghadap keatas.



Gambar 4.6.*Drag* setelah dibalik

- Bubuk pemisah ditaburkan secara merata diatas permukaan pasir.
- *Cope* diletakan diatas *drag*, kemudian pola, *gate* dan *sprue* disusun sedemikian rupa.
- Pasir cetak dimasukan dan dipadatkan dengan menggunakan penumbuk hingga memenuhi *cope*.
- *Cope* dipisahkan dengan *drag*.
- Pola dan sistem saluran dilepaskan secara hati – hati agar cetakan tidak hancur.
- Pengeringan dilakukan selama 2 minggu.



Gambar 4.7.*Cope* setelah dibalik

4.5. Proses Peleburan Logam

Proses peleburan logam dilakukan di dapur yang dipanaskan hingga temperatur 700°C dan menggunakan gas LPG 50 kg. Untuk memudahkan proses peleburan, maka *aluminium alloy 6061* dipotong dengan menggunakan gergaji mesin sepanjang 10 cm yang kemudian dimasukan dalam tungku peleburan. Selama proses peleburan, tanur harus ditutup dan diaduk dalam periode waktu tertentu. Waktu yang diperlukan hingga logam mencair seluruhnya sekitar 50 menit.



Gambar 4.8.Dapur dan tungku peleburan

4.6. Proses Penuangan Logam Cair

Penuangan logam cair dilakukan dengan menggunakan ladle. Ladle mempunyai peranan yang cukup penting karena adanya hubungan dengan penurunan temperature logam cair. Oleh sebab itu, sebelum ladle digunakan sebaiknya dipanaskan bersamaan dengan peleburan logam.



Gambar 4.9.Penuangan logam cair

Sebelum dituang kedalam cetakan, logam cair harus dibersihkan dari slag agar tidak terjadi cacat akibat slag. Penuangan logam cair harus dilakukan sesegera mungkin untuk menghindari penurunan temperatur yang terlalu cepat yang akan mengakibatkan logam cair tidak mengisi sepenuhnya kedalam rongga cetak. Oleh karena itu, logam cair dilebur tidak hanya pada temperature cair, namun temperature peleburan ditambah sekitar 50°C untuk menghindari hal tersebut diatas.

4.7. Pembongkaran Cetakan

Pembongkaran cetakan dilakukan setelah beberapa jam dilakukan penuangan logam cair kedalam cetakan agar member kesempatan kepada logam cair untuk proses solidifikasi. Pembongkaran cetakan menggunakan palu dan harus dilakukan secara hati – hati agar tidak terjadi kerusakan pada hasil coran. Hasil coran dibersihkan dari pasir yang menempel dan kemudian dilakukan penimbangan. Sistem saluran dipisahkan dari hasil coran dengan cara menggergaji *gate* yang menempel pada hasil coran dan juga membersihkan *flash* yang ada. Kemudian dilakukan penimbangan ulang.

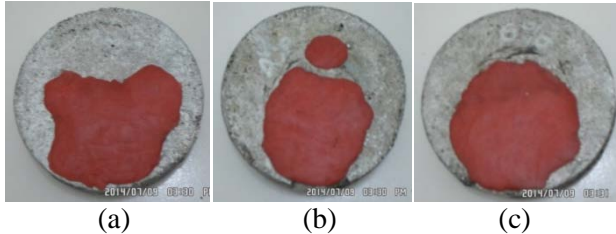


Gambar 4.10.Pembongkarancetakan

4.8. Pengukuran Porositas

Pengukuran prosentase porositas dilakukan dengan menghitung perbandingan volume porositas terhadap volume total

spesimen. Data yang diperlukan untuk perhitungan tersebut adalah perbandingan massa specimen hasil pengecoran dan volume total (pada perhitungan awal). Jika pada hasil coran terdapat *shrinkage*, maka dilakukan pengukuran *shrinkage* terlebih dahulu dengan cara memberikan malam pada daerah yang terjadi *shrinkage*.



Gambar 4.11. Peletakan malam pada daerah *shrinkage*. (a) serbuk kayu 1% (b) serbuk kayu 4% (c) serbuk kayu 6%

Malam tersebut kemudian dilepas dan dimasukkan kedalam gelas ukur untuk mengetahui volume dari cacat *shrinkage* yang terjadi. Setelah volume *shrinkage* didapatkan kemudian ditambahkan dalam perhitungan.



Gambar 4.12. Pengukuran volume *shrinkage*

Dari pengukuran volume shrinkage didapatkan nilai dari masing – masing hasil coran. Pada hasil coran dengan komposisi

serbuk kayu 1% didapatkan nilai 20 cm³. Pada hasil coran dengan komposisi serbuk kayu 4% didapatkan nilai 20 cm³. Sedangkan pada hasil coran dengan komposisi serbuk kayu 6% didapatkan nilai 18 cm³.

- Contoh perhitungan porositas:

$$(1) \quad P = \frac{Vt - \left[\left(\frac{Ms}{\rho} \right) + Vs \right]}{Vt} \times 100\%$$

$$P = \frac{507,8 \text{ cc} - \left[\left(\frac{1249 \text{ gr}}{2,7 \frac{\text{gr}}{\text{cc}}} \right) + 20 \text{ cc} \right]}{507,8 \text{ cc}} \times 100\%$$

$$P = 4,96404\%$$

$$(2) \quad P = \frac{Vt - \left[\left(\frac{Ms}{\rho} \right) + Vs \right]}{Vt} \times 100\%$$

$$P = \frac{507,8 \text{ cc} - \left[\left(\frac{1281 \text{ gr}}{2,7 \frac{\text{gr}}{\text{cc}}} \right) + 20 \text{ cc} \right]}{507,8 \text{ cc}} \times 100\%$$

$$P = 2,63008\%$$

$$(3) \quad P = \frac{Vt - \left[\left(\frac{Ms}{\rho} \right) + Vs \right]}{Vt} \times 100\%$$

$$P = \frac{507,8 \text{ cc} - \left[\left(\frac{1319 \text{ gr}}{2,7 \frac{\text{gr}}{\text{cc}}} \right) + 18 \text{ cc} \right]}{507,8 \text{ cc}} \times 100\%$$

$$P = 0,252359\%$$

4.9. Pengukuran Kekasaran Permukaan

Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan dengan menggunakan *dial indicator* yang diletakan diatas meja rata, dengan jarak pengukuran 2 mm. Lokasi pengukuran ditempatkan pada hasil coran yang berada di *drag* dimana memiliki permukaan

paling rata dan yang paling memungkinkan untuk dilakukan pengukuran.



Gambar 4.13. Pengukuran kekasaran permukaan


Chemical Composition :

Alloy 6061 is heat treatable aluminium-magnesium-silicon alloy.

Referring to Standard JIS 4100

No	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
6061	0,4-0,6	0,7	0,15-0,4	0,25	0,6-1,2	0,34-0,35	0,25	0,15
Other Total		Al						
0,05	0,15	98						

Mechanical Properties :

Temper	Ultimate Strength Minimum	Tensile (Mpa) Typical	0,2% Stress Minimum
T _A	150	240	130
T _B	240	300	220
Elongation (%) Minimum			
16			
8			

Physical Properties :

Density

2,7 gr/cm³

Specific heat between 0-100⁰C

920 J/kg deg K

Melting range

580-650⁰C

Coef.of linear expansion between 20-100⁰C

24x10/K

Thermal conductivity at 100⁰C

1,67 W/cm K

Electrical resistivity at 20⁰C

0,04 μm

Modulus of elasticity

69000 N/mm³

Modulus of rigidity

26000 N/mm³